

INFORME TECNICO  
DE  
SONDEO ELECTRICO VERTICAL  
(SEGUN RESOLUCION EXENTA S.E.G. Nº 447 DEL 31 DE MAYO DE 1979)

CONTENIDO:

**- DATOS GENERALES.**

Identificación geográfica del lugar en que se efectuó la medición  
Identificación del Mandante  
Profesional a cargo de la medición.  
Fecha en que fue efectuada la medición.  
Condiciones climáticas.

**- DATOS TECNICOS.**

Instrumento empleado.  
Método de medición empleado.  
Cantidad de mediciones efectuadas.

**- INFORME DE LOS RESULTADOS.**

Tabla de valores obtenidos.  
Gráfico de comparación entre curvas patrón y de terreno.  
Interpretación de la curva geoelectrica.  
Observaciones generales.

**DATOS GENERALES:**

Identificación geográfica del lugar en que se efectuó la medición
<b>SITIO 2, LA LAGUNA TENÓ, MAULE</b>

Identificación del Mandante
<b>CPEI. SPA RUT:</b> _____

Profesional a cargo de la medición.
<b>RICARDO JESUS HERNANDEZ LABRA INGENIERO EJECUCION ELECTRICO LIC. SEC. 12.236.994-3 CLASE "A"</b>

Fecha en que fue efectuada la medición.
<b>3 DE SEPTIEMBRE DE 2020</b>

Condiciones climáticas.
<b>Estado del tiempo :           DESPEJADO Temperatura °C :               18</b>

**DATOS TECNICOS:**

Instrumento empleado.

Marca	<b>AEMC</b>
Modelo	<b>6471.</b>
Serie	<b>de 41 a 128 Hz</b>
Escalas	<b>RANGO 0,01- 99,9 ohms max. 999 k ohms conmtacion automatica</b>

Método de medición empleado.

Se empleó el método de cuatro electrodos denominado **METODO SCHLUMBERGER**  
Para la aplicación de este método utiliza los siguientes parámetros:

- a** Separación entre electrodos fijos ( en metros )
- Di/2** Distancia entre un electrodo móvil y el eje de medida ( en metros )
- N** Múltiplo de "a" ( que da la distancia entre los electrodos móvil y fijo )

Cantidad de mediciones efectuadas.

Se efectuaron **15** lecturas.

**INFORME DE LOS RESULTADOS.**Tabla de valores obtenidos

<b>Número de orden</b>	<b>a</b>	<b>N</b>	<b>Di/2</b>	<b>R medidas</b>	<b>Ro Calculados</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	1	0,50	1,00	5,57	13,124	No hay
2	1	1,00	1,50	2,95	18,535	"
3	1	1,50	2,00	2,29	26,978	"
4	1	2,00	2,50	1,84	34,682	"
5	1	2,50	3,00	1,56	42,881	"
6	1	3,00	3,50	1,30	49,007	"
7	1	4,00	4,50	0,92	57,804	"
8	1	5,00	5,50	0,68	64,087	"
9	1	6,00	6,50	0,52	68,610	"
10	1	8,00	8,50	0,37	83,690	"
11	1	10,00	10,50	0,29	100,214	"
12	1	12,00	12,50	0,23	112,717	"
13	1	15,00	15,50	0,18	135,713	"
14	1	20,00	20,50	0,14	184,720	"
15	1	25,00	25,50	0,05	102,099	"
16	1	0,00	0,50	0,00	0,000	"
17	1	0,00	0,50	0,00	0,000	"
18	1	0,00	0,50	0,00	0,000	"
19	1	0,00	0,50	0,00	0,000	"
20	1	0,00	0,50	0,00	0,000	"

Interpretación de la curva geoelectrica.

Del análisis comparativo, entre las Curvas Patrón de MOONEY - ORELLANA y la curva de terreno, se obtiene la siguiente configuración Geoelectrica:

<b>CONFIGURACION</b>	<b>K-19</b>		
1,00	20,0	1,00	<b>20,0</b>

Por lo expuesto se tiene que el terreno en estudio, presenta los siguientes valores en cada una de sus capas geoelectricas

	<b>1ª CAPA</b>	<b>2ª CAPA</b>	<b>3ª CAPA</b>
<b>RESISTIVIDAD (Ohm-metro)</b>	8,00	160,00	8,00
<b>ESPESOR (metro)</b>	0,10	2,00	INFINITO

Observaciones generales.

CPEI. SPA

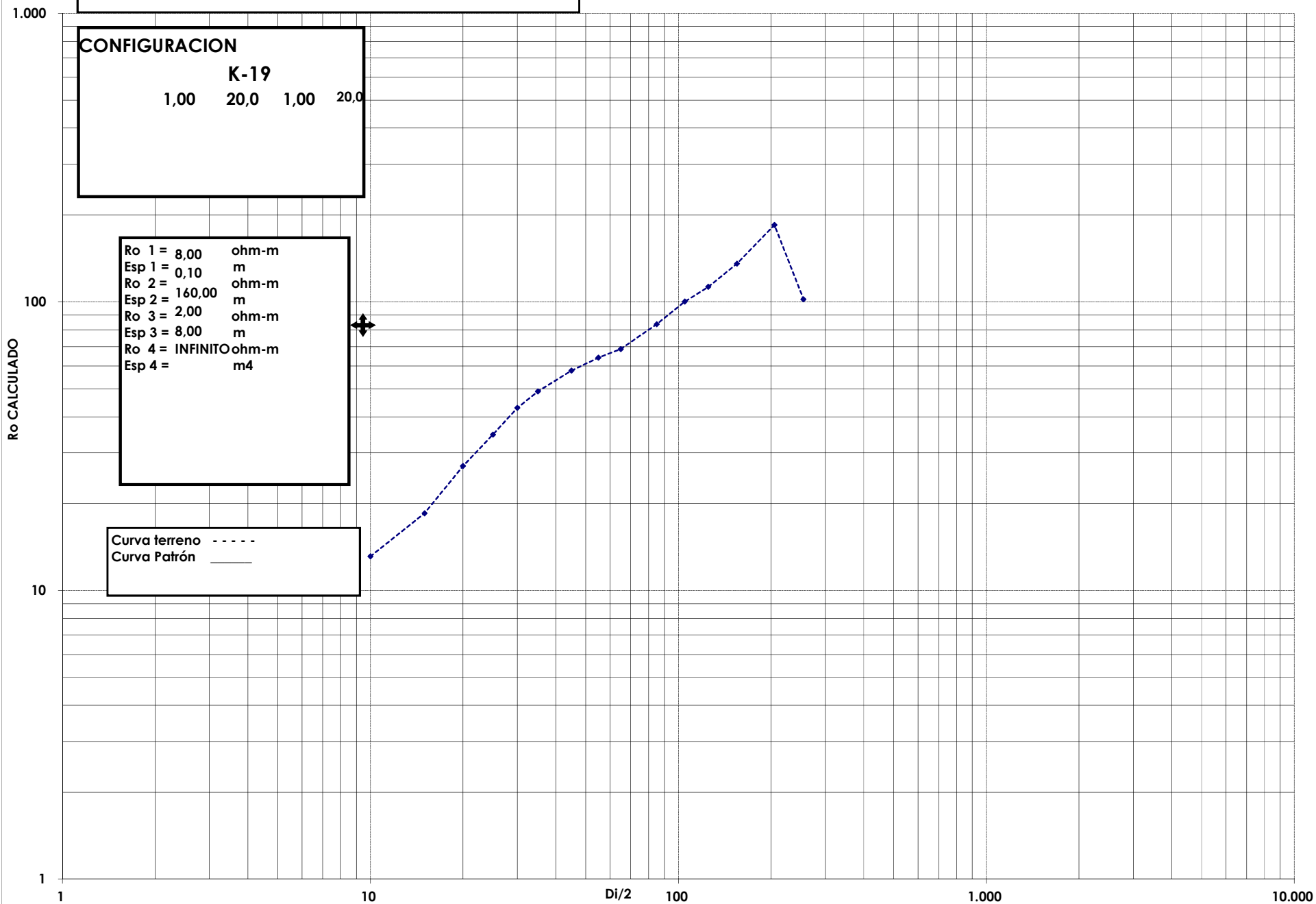
CONFIGURACION

K-19

1,00 20,0 1,00 20,0

Ro 1 = 8,00 ohm-m  
Esp 1 = 0,10 m  
Ro 2 = 160,00 ohm-m  
Esp 2 = 160,00 m  
Ro 3 = 2,00 ohm-m  
Esp 3 = 8,00 m  
Ro 4 = INFINITO ohm-m  
Esp 4 = m4

Curva terreno - - - -  
Curva Patrón \_\_\_\_\_



SITIO 2, LA LAGUNA, TENO

K-19(20)

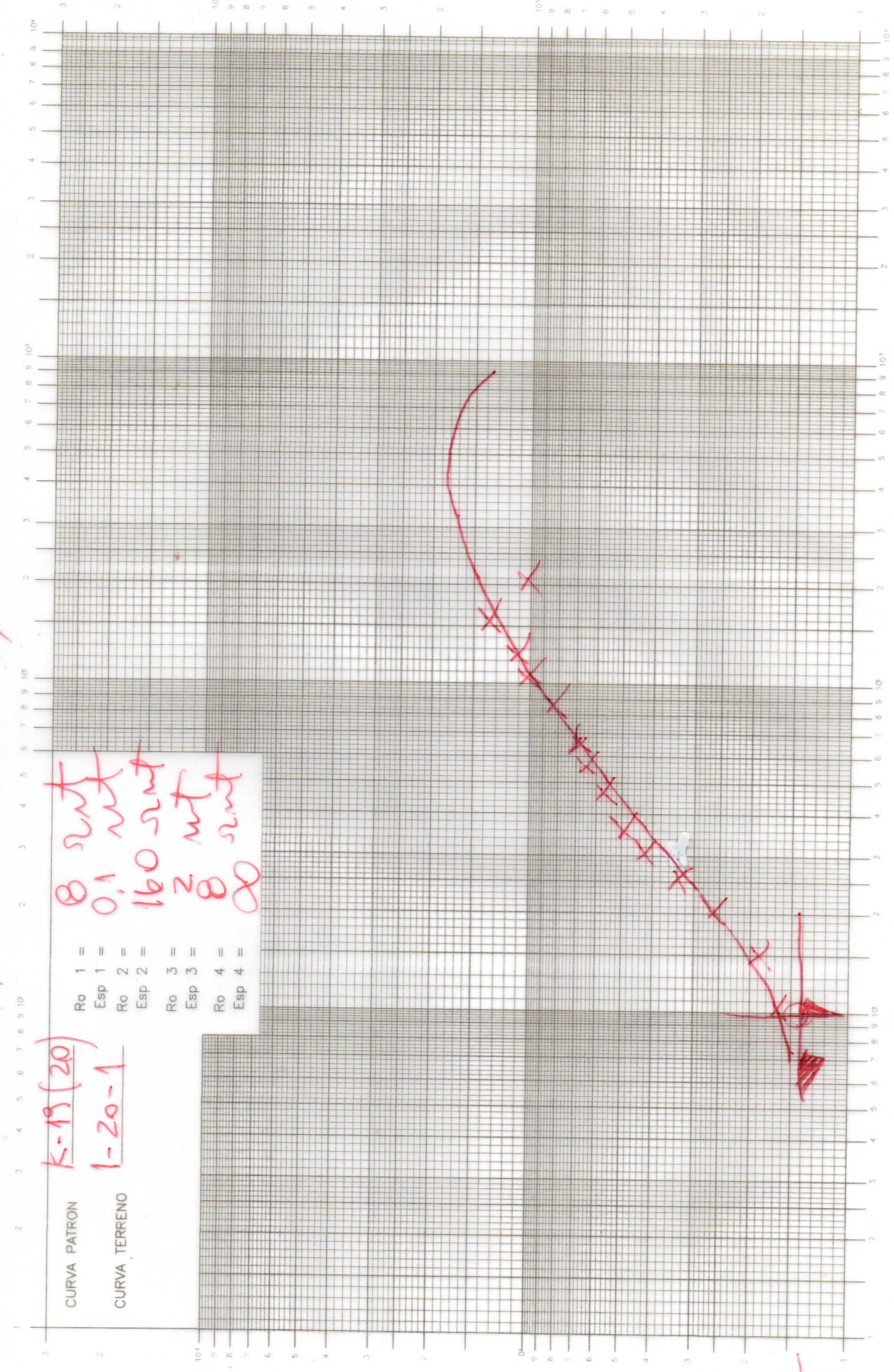
1-20-1

CURVA PATRON

CURVA TERRENO

R<sub>o</sub> 1 =  
Esp 1 =  
R<sub>o</sub> 2 =  
Esp 2 =  
R<sub>o</sub> 3 =  
Esp 3 =  
R<sub>o</sub> 4 =  
Esp 4 =

8 mt  
0.1 mt  
160 mt  
200 mt  
200 mt



125

457

## CALCULO DE MALLAS BAJA TENSION

TERRENO CON TRES CAPAS.

SOLICITANTE : CPEI. SPA  
 INTERESADO : CPEI. SPA  
 UBICACION : SITIO 2, LA LAGUNA, TENO  
 FECHA : SEPTIEMBRE, 2020  
 CALCULISTA : RICARDO HERNANDEZ LABRA

## 1.- DATOS DEL TERRENO.

	CAPA 1	CAPA 2	CAPA 3
RESISTIVIDAD (ohm - m)	8,00	160,00	8,00
ESPESOR (m)	0,10	2,00	1.000,00

## 2.- CORTO CIRCUITO EN PUNTO DE EMPALME.

- lcc3f : 3.000,00 (Amp.)  
 - lcc1f : 1.000,00 (Amp.)  
 - Tiempo de operación : 1,00 (Seg.)

## 3.- DATOS DE LA S/E

POTENCIA : 30,00 (kVA)  
 TENSION A.T. : 13,20 (kV)  
 TENSION B.T. : 400,00 (V)  
 IMPEDANCIA : 4,00 (%)

## 4.- DATOS MALLA B.T.

- PROFUNDIDAD DE ENTERRAMIENTO : 0,60 (m)  
 - LARGO DE LA MALLA : 6,00 (m)  
 - ANCHO DE LA MALLA : 4,00 (m)  
 - TIPO DE UNION : 

S
---

 (APERNADE ->[A], SOLDADA ->[S])  
 - LARGO DEL CONDUCTOR : 

34,00
-------

 (m)  
 - SECCION DEL CONDUCTOR : 

21,20
-------

 (mm<sup>2</sup>)

## 5.- CALCULOS MALLA B.T.

- DIAMETRO DEL CONDUCTOR : 0,00520 (m)  
 - SUPERFICIE DE LA MALLA : 24,00 (m<sup>2</sup>)  
 - RESISTIVIDAD EQUIVALENTE : 14,49 (ohm - m)  
 - FACTOR DE FORMA K1 : 1,08  
 - FACTOR DE FORMA K2 : 4,56  
 - RESISTENCIA DE LA MALLA : 

1,36
------

 (ohm)  
 - CORRIENTE NOMINAL TRANSF. : 75,00 (Amp)  
 - CORRIENTE CORTO CIRCUIT 3f : 1.875,00 (Amp)  
 - CORRIENTE CORTO CIRCUIT 1f : 1.687,50 (Amp)  
 - MINIMA SECCION S/ONDERDONK : 5,30 (mm<sup>2</sup>)      ¡O.K.!

# MEMORIA DE CALCULO MALLA DE TIERRA (PROTECCION Y SERVICIO)

## 1. ANTECEDENTES

En el cálculo de la malla de tierra de protección y servicio, para las instalaciones eléctricas ubicadas en **Sitio 2, La Laguna**, comuna de **Teno** Se han considerado los antecedentes que se indican a continuación:

- 1.1. Resistividad de terreno de acuerdo a la medición hecha por la firma calculista según lo dispuesto en la resolución exenta # 447, del 31/05/79, de SEC, cuyo informe técnico se inserta en esta memoria.
- 1.2. Posibilidad real de construir una malla de tierra de protección y servicio, utilizando el terreno disponible.
- 1.3. Necesidad de construir una puesta a tierra con un valor de 220 Volts. ( **$R_m < 20 \text{ Ohms}$** ). Esta Resistencia es apropiado para su buen funcionamiento entre el voltaje, de fases y neutro.

## NORMAS Y ESTANDARES

NCH ELEC. 4/2003	Instalaciones de consumo en Baja Tensión.
SEC	Superintendencia de Electricidad y Combustibles.
INN	Instituto Nacional de Normalización.
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
IEEE 80	Guía de Seguridad para Puesta a Tierra de Subestaciones de Corriente Alterna.
IEEE 81	Mediciones de Puestas a Tierra.

## SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

(Según resolución exenta S.E.C. N°447 del 31 de Mayo de 1979)

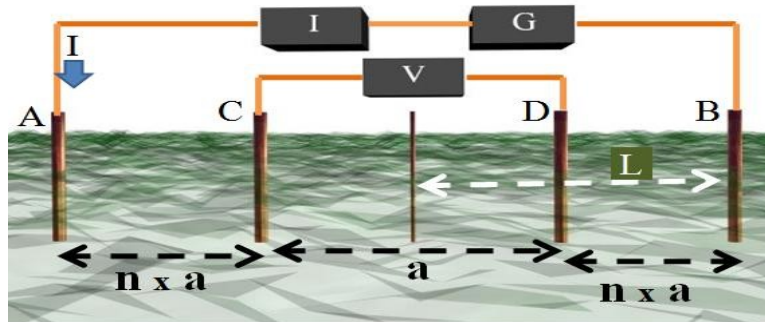
## DESCRIPCION DEL METODO EMPLEADO

Se empleó el método de los cuatro (4) electrodos, METODO DE SCHLUMBERGER.

$A_i$  : Separación de electrodos fijos.

$D_{i/2}$  : Distancia entre electrodo móvil y eje de medida (mts.)

$N_i * A_i$ : Distancia entre electrodos móvil y fijo (mts.).



## 2. MALLA DE TIERRA PROTECCION Y SERVICIO

### 2.1. Malla Calculada

Dadas las condiciones del terreno, se propone construir una malla consistente en un cuadrado reticulado de 6.0m x 4.0m a 0,6 mt. De profundidad, de las siguientes características:

### CALCULO DE SECCION MINIMA DEL CONDUCTOR

El IEEE Std. 80-1976, Guide for Safety in Substation Grounding, la norma aceptada por la industria eléctrica, usa la ecuación de Onderdonk como base para seleccionar el mínimo tamaño del conductor que se funda bajo condiciones de falla.

Para conductores de cobre esta ecuación es:

$$S_{MIN} = \frac{I_F}{1973 \times \sqrt{\frac{\log_{10} \left( \frac{T_m - T_A}{234 + T_A} + 1 \right)}{33 \times T_{op}}}}$$

S = Sección del conductor en mm<sup>2</sup>

I = Intensidad máxima de cortocircuito que se espera alcance o recorra la toma de tierra

t = Tiempo en segundos que dura la circulación de la intensidad anterior

T = Temperatura máxima admisible en el conductor en ° C, se toma 450° C para mallas con uniones soldadas.

T<sub>A</sub> = Temperatura ambiente en ° C.

Sección mínima del conductor	=	5.3	mm <sup>2</sup>
Diámetro del conductor	=	0,00520	m

Considerando eventuales problemas de corte accidental por esfuerzo mecánico ante fallas; la sección mínima del conductor que deberá utilizarse en la malla es de 21.2 mm<sup>2</sup>

## Características de la malla

Sección del conductor	$Sc = 21.2 \text{ mm}^2$
Superficie de la malla	$S = 24 \text{ mts}^2$
Largo del conductor	$L = 34 \text{ mts.}$
Distancia conductor al ancho	$Da = 2 \text{ mts.}$
Distancia conductor al largo	$Dl = 2 \text{ mts.}$
Tipo de unión	$Td = \text{Un. CADWELD}$

## 2.2 Coeficiente de irregularidad:

$$\begin{aligned} & - \frac{2,3 \times h}{\sqrt{S}} - 0,044 \times \left[ \frac{A}{B} \right] \\ & - \frac{8 \times h}{\sqrt{S}} + \left\{ 0,15 - \frac{h}{\sqrt{S}} \right\} \times \left[ \frac{A}{B} \right] \end{aligned}$$

$$\mathbf{K1 = 1,08}$$

$$\mathbf{K2 = 4.56}$$

Donde:

- $P_e$  Resistencia equivalente del terreno ( $\Omega \cdot \text{m}$ )
- $L$  largo total del conductor de la malla (m)
- $H$  Profundidad de enterramiento de la malla (m)
- $S$  Área total de la malla ( $\text{m}^2$ )
- $A$  Lado mayor del reticulado (m)
- $B$  Lado menor del reticulado (m)

La forma dispuesta de la malla, permite hacer las tomas de tierra correspondientes.

### **2.3. Calculo del Ro equivalente**

El valor de la resistividad equivalente, se determinara utilizando el método de **Burgsdorf - Yacobs**, el cual establece que el valor de la resistividad equivalente de un terreno ( $\rho_e$ ) esta dado por la siguiente expresión:

$$\rho_e = \frac{1}{\frac{1}{\rho_1} \times (F_1 - F_0) + \frac{1}{\rho_2} \times (F_2 - F_1) + \frac{1}{\rho_3} \times (F_3 - F_2)} \quad (\Omega - m)$$

Se obtiene el siguiente resultado:

$$\mathbf{Ro\ eq. = 14.49\ ohms-m}$$

### **2.4. Calculo de la Resistencia de puesta a tierra**

Resistencia de Malla Método de Schwarz

Para el cálculo de la resistencia de la malla se establece que la resistencia de una malla esta dada por las siguientes expresiones:

$$R_M = \frac{\rho_e}{\pi \times L} \times \left[ \ln \left( \frac{2 \times L}{\sqrt{h \times d}} \right) + \frac{K_1 \times L}{\sqrt{S}} - K_2 \right] [\Omega]$$

Aplicando el cálculo para malla rectangular reticulada, se determinó el siguiente valor:

$$\mathbf{Resist.\ Malla = 1.36\ ohms.\ Sin\ Aditivo}$$

## **2.5 TOMA DE TIERRA**

La toma de tierra para el sistema de Malla se ejecutará En ducto y conductores, de acuerdo a la norma vigente, además se dejará camarilla de inspección.

**NOTA:** Estos valores son teóricos en terreno Pueden Variar se recomienda efectuar Medición de resistencia.

### **CONCLUSION:**

Las mediciones se han realizado con el método de caída de potencial (fall of potential method), las cuales se han tabulado y graficado, obteniendo la resistencia de la puesta a tierra.

entonces observando la resistencia de la puesta a tierra de **1.36 [ohm]**.

si cumple con la normativa chilena. también cumple con dar seguridad contra contactos indirectos. el sistema usado es de neutralización y requerimientos de proveedores de sistemas de computación e informática.

### **CONTROL DE CALIDAD GENERAL**

SE LISTAN LOS ACTIVIDADES DE CONTROL DE CALIDAD DISPONIBLES A REALIZAR:

- ❖ EN MEDICIÓN DE TERRENO
  - ✓ LA LONGITUD TOTAL DE LA MEDICIÓN SE REALIZARÁ USANDO COMO REFERENCIA LA NORMA ELÉCTRICA CHILENA.
  - ✓ SE REVISARÁ QUE NO EXISTAN ELEMENTOS QUE PERTURBEN LAS MEDICIONES (COMO POR EJEMPLO CAÑERÍAS METÁLICAS REJAS METÁLICAS EN CONTACTO CON EL TERRENO, ETC.)
  - ✓ EL TERRENO EN GENERAL DEBE ESTAR EN UN ESTADO NORMAL (NO MEDIR SI ESTA INUNDADO NI SIMILARES).
  
- ❖ EN DISEÑO DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
  - ✓ COMO MEDIDA EXTRA PARA CORROBORAR EL DISEÑO SE USARÁN OTROS PROYECTOS QUE YA SE HALLAN EJECUTADO Y MEDIDO CORRECTAMENTE.
  - ✓ PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA EN BAJA TENSIÓN EXISTENTES, FUNCIONANDO Y CORRECTAMENTE DISEÑADOS, EN GENERAL NO SE DISMINUIRÁ EL TAMAÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.
  
- ❖ EN EJECUCIÓN DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
  - ✓ DURANTE LA EXCAVACIÓN SE QUITARÁN LAS PIEDRAS DEL TERRENO EXTRAÍDO, DESPUÉS ESTE MATERIAL SIN PIEDRAS SE USARÁ PARA RELLENAR EL SECTOR INTERVENIDO.
  - ✓ SE COMPACTARÁ EL TERRENO DESPUÉS SE HABER ENTERRADO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

## **2.6. Esquema de la malla**

Ver esquema adjunto

**ESQUEMA DE MALLA B.T.**

